

# 机械制造工艺

2013年6月1日出版

2013年第2期·总第205期

主办：中国机械制造工艺协会

协办：先进成形技术与装备国家重点实验室

准印证号：京内资准字1112-L0059

出版：中国机械制造工艺协会

网站：www.cammt.org.cn

www.camtc.com.cn

电话：010-82415063

传真：010-82755148

邮件：cammt\_bjb@163.com

## 《机械制造工艺》编委会

主任委员：王西峰

名誉主编：卢秉恒

副主任委员：单忠德 祝宪民 李郁华

主编：单忠德

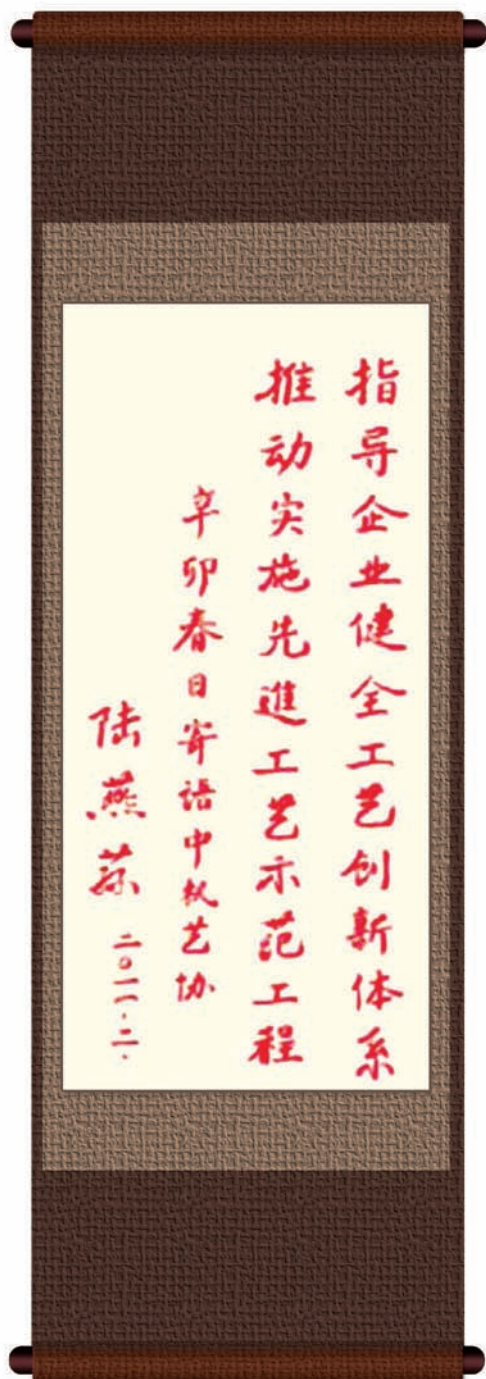
责任编辑：徐先宜 田媛

## 委员（按姓氏笔画排序）

王至尧 王绍川 龙友松 史苏存 刘泽林  
李成刚 李敏贤 李维谦 朱均麟 杨彬  
杨尔庄 谷九如 张科 张伯明 张金明  
邵泽林 陈祖蕃 陈维璋 罗志健 周志春  
郭志强 战丽 费书国 夏怀仁 聂玉珍  
徐先宜 蒋宝华 蔺桂枝 谭笑颖

## 中国机械制造工艺协会第四届理事会

名誉理事长：倪志福 何光远 陆燕荪  
高级顾问：张伯明 郭志坚 张德邻 曾宪林  
朱森第 李冶  
顾问：刘明忠 田东强 刘红 史建平  
郭恩明 徐域栋 周清和 庞士信  
依英奇 朱鹏 刘仪舜  
理事长：王西峰  
副理事长：（排名不分先后）  
刘泽林 单忠德 祝宪民 李成刚  
张科 卢秉恒 费书国 陈宏志  
周永军 陈又专 李维谦 董春波  
郭志强 史苏存 王政 龙友松  
张金明 王至尧 陈队范 梁清延  
左建民  
秘书长：战丽



# Contents

# 目录

**Members News** ..... P03

## **Experts View**

The Application of Advanced Manufacturing Technology in the Enterprise Production ..... P05

## **CAMMT News**

The Summit Forum for Advanced Technology of Machinery Equipment Industry Successfully Held in Weifang, Shandong Province ..... P06

## **Technology Achievements**

The Assemble Technology of Injector Copper Bush in Cylinder Head ..... P14

Development and Production of High Performance Integrated Cast Axle in FAW Truck ..... P14

A New Strengthening Technology and Heat Treating Equipment for Truck Rails ..... P15

## **Technology Innovation**

Improving Bogie Frame Machining Quality by Effective Technical Measure ..... P16

Spring Operation Mechanism Spring Press-fit Process Improvement ..... P22

Large Volume of Flammable Gas Tank Type Transporting Semitrailer Development Technology Discussion ..... P26

Study on the Techniques of Localization for 16RK270 Diesel Engine Crankcase ..... P29

## **CAMMT Personage**

The President of Academic and Propaganda Work Committee of CAMMT—Wang Zhiyao ..... P33

## **CAMMT Notice**

Notice on the Selection Activities for 2013 Outstanding Member of the CAMMT ..... P34

Notice On 2013 “YUCHAI-Cup” National Mechanical and Electrical Enterprise Process Convention ..... P35

Notice on Payment for 2013 CAMMT Membership Fees ..... P36

**会员传真** ..... P03

## **协会动态**

“机械装备制造先进技术高峰论坛”在山东潍坊成功举办 ..... P05

## **专家视点**

先进制造技术在企业生产中的应用 ..... P06

## **工艺成果**

气缸盖喷油器铜套压装工艺 ..... P14

高性能一体化铸造桥壳在解放卡车上的开发与生产 ..... P14

卡车纵梁热处理强化工艺及装备 ..... P15

## **工艺创新**

采取有效工艺措施提升机车转向架构架加工质量 ..... P16

弹簧操动机构弹簧压装工艺改进 ..... P22

大容积易燃气体罐式运输半挂车的开发技术探讨 ..... P26

16RK270柴油机曲轴箱国产化工艺研究 ..... P29

## **协会人物**

中国机械制造工艺协会学术与宣传工作委员会主任委员——王至尧 ..... P33

## **协会通知**

关于开展2013年度“优秀会员单位”评选活动的通知 ..... P34

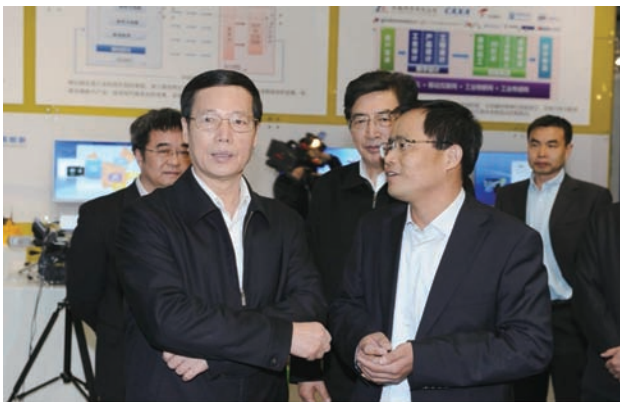
关于组织2013年“玉柴杯”全国机电企业工艺年会的通知（第二号） ..... P35

关于收取2013年度会员会费的通知 ..... P36

## 张高丽副总理一行参观数字化 无模铸造精密成形机

发布时间: 2013-04-07

文章来源: 机械科学研究总院先进制造技术研究中心网站



3月28日下午,中共中央政治局常委、国务院副总理张高丽,中共中央政治局委员、北京市委书记郭金龙一行到中关村国家自主创新示范区展示中心观看展示。张高丽副总理重点视察了未来制造业和信息产业等展厅展示。在未来制造业展厅,中国机械制造

工艺协会单忠德副理事长向张高丽副总理详细汇报了未来制造技术及数字化无模铸造精密成形机的研发和应用情况,张高丽副总理肯定了机械科学研究总院开发的技术

及成果。数字化无模铸造精密成形技术是铸造技术的革命,目前拥有美国等3项授权国际发明专利、9项授权中国发明专利,已达到国际领先水平,并在中国一汽、广西玉柴、中国一拖等多家企业推广应用,产品即将销往西班牙等发达国家。

## 玉柴系列发电用发动机通过欧盟CE认证

发布时间: 2013-05-09 文章来源: 玉柴集团网

近日,玉柴YC4D、YC6B、YC6A、YC6G、YC6M/MK/MJ、YC6T、YC6C共7个系列16种发电用发动机顺利通过了欧盟CE的严格认证,并取得了CE认证证书。

CE认证是一种安全标志认证。在欧盟市场,CE标志属强制性认证标志,被视为制造商打开欧洲市场的钥

匙和护照。凡是贴有CE标志的产品无须符合每个成员国的要求,就可在欧盟各成员国范围内自由流通销售。玉柴系列发电用发动机CE认证书的获得,标志着玉柴发电动力拿到了进入欧盟市场通行证,为玉柴发电动力产品进军欧盟市场扫清了障碍,拓宽了玉柴发电动力产品的销售渠道。

## 锡柴机惊艳亮相 上海车展

发布时间: 2013-05-06

文章来源: 一汽解放汽车有限公司  
无锡柴油机厂网站

4月20日,第十五届上海车展盛大开幕。锡柴自主研发的CA6DM2-46E5柴油机和CA6SM2-35E5N天然气发动机随同一汽强大的参展阵容在展会上惊艳亮相,赢得观展者的一致赞誉。

此次展出的两款产品广泛应用当前最先进的技术和工艺,代表着锡柴最新的研发成果。CA6DM2-46E5柴油机采用电控共轨系统和国际先进的重型柴油机燃烧过程组织方式,可以满足严格的排放法规并获得优异的燃油经济性,自主开发的大功率发动机制动装置能提高整车行驶安全性,是重型卡车的理想动力总成。CA6SM2-35E5N天然气发动机采用全套进口电控供气装置、点火系统和发动机管理系统,通过电子节气门技术实现对进气量的精确控制,电控闭环系统结合尾气后处理技术保证了发动机的经济性和排放水平,满足各方对汽车产品节能环保的期许。

## 陕鼓集团荣获工信部第一批 “全国工业品牌培育示范企业”称号

发布时间: 2013-05-08 文章来源: 西安陕鼓动力股份有限公司网站

4月25日,工信部科技司在北京举行“2013工业品牌培育试点启动会暨2012工业品牌培育示范企业表彰大会”,工信部科技司主要领导、中国质量协会、中航工业综合所等相关单位领导和来自全国试点企业的近500人参加了会议。经过多年的品牌培育,陕鼓集团荣获国家首批“工业品牌培育示范企业”称号,成为风机行业和陕

西省内唯一入选的企业。

作为“首批品牌培育示范企业”的代表企业,陕鼓集团党委副书记、纪委书记、工会主席王建轩、公司总经理助理赵勇进、公司品牌文化顾问、西北大学教授卢山冰代表公司参会。工信部对2012年首批入选“国家工业品牌培育示范企业”的36家企业进行了授牌表彰,王建轩副书记代表公司上

台领取奖牌。

当天,有七家企业还分享交流了品牌培育和管理经验。陕鼓集团作为装备制造企业的代表,与青岛啤酒、海尔集团、海信集团、重庆盐业、珠江钢琴、罗西尼表业等知名企业进行了交流。公司总经理助理赵勇进从陕鼓的发展历史、对品牌管理的探索、品牌培育等方面,介绍了陕鼓在推进品牌培育试点和品牌管理方面一些做法。会上,来自工信部品牌培育办公室的多名专家还为大家介绍了品牌培育和管理的相关思路和经验。

## 我国首台国产化30兆瓦LNG电机转子超速成功

发布时间: 2013-04-15 文章来源: 上海电气集团网站

日前,上海电气集团上海电机厂有限公司制造的湖北黄冈LNG项目30兆瓦电机转子超速成功,新结构高转速大容量3640转/分稳定达标,这是我国首台国产化30兆瓦LNG电机转子。

中石油湖北黄冈LNG项目(500万

方/天)是一个国际化的示范工程,建成后将成为国内最大的LNG工厂,将实现中国LNG工程所需技术、装备国际化的突破。去年,上海电气集团上海电机厂有限公司成功中标湖北黄冈500万方/天LNG国产化示范工程项目

压缩机组用电机合同,共有14兆瓦高速异步电动机、17兆瓦和30兆瓦高速同步电动机各一台,成为国内第一家承担LNG项目国产化电机制造任务的企业。

## 东电公司参加澳大利亚国际机械制造周展会

发布时间:2013-05-15 文章来源: 东方电机有限公司网站

2013年澳大利亚国际机械制造周展览会于5月7日至10日在澳大利亚重要工业城市墨尔本举行。来自中国、日本、韩国、新加坡、新西兰、台湾等国家和地区的众多机械制造企业组团参加展出。东电首次参加在澳洲举办的国际机械制造周展览会,在其会刊杂

志《NMW》上专门介绍东电情况。

该览会是大洋洲规模最大、水平最高、涉及范围最广的工业技术展示与交易活动。今年的展览会是有史以来中国组团参展规模最大、参展公司最多的一次。

根据公司“走出去”发展战略,宣

传部积极策划、精心组织本次对外宣传活动。从展板布局、综合样本、电视形象片等方面作了精心准备,特别是图片展示部分,从题材选择、图片设计、文字提炼等方面都精心雕琢,做到了内容简明、准确、形象。参展期间,有来自不同的国家和地区的专家、客人来到展台前咨询和索要宣传资料。

东电参加展会旨在宣传企业,从各种渠道提升企业形象,让更多的社会公众和潜在客户了解企业,关注企业,扩大企业影响力,提升企业知名度。

# “机械装备制造先进技术高峰论坛” 在山东潍坊成功举办



大会报告

2013年4月26-28日,中机艺协举办了以“工艺创新驱动装备发展”为主题的“机械装备制造先进技术高峰论坛”活动。本次活动由中国机械制造工艺协会、山东省潍坊市经济和信息化委员会、中国(寿光)国际蔬菜科技博览会组委会主办,机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室、山东潍坊技师学院承办。寿光市人民政府朱兰玺市长、山东潍坊技师学院党委书记傅大军、中机艺协副理事长、郑州机械研究所所长单忠德、中机艺协副理事长王至尧、寿光市人民政府王安文副市长等领导出席开幕式,论坛开幕式由山东潍坊技师学院党委书记傅大军主持。

王安文副市长讲话中表示,热烈欢迎各位专家莅临寿光指导,通过本次装备制造技术高峰论坛进一步让企业了解技术新进展,助推产业结构调

整,服务于地方产业技术经济发展。单忠德副理事长在讲话中表示,通过搭建区域合作平台,进一步推进院所与企业之间的合作,宣传推广新工艺、新技术及新装备,为装备制造业发展、区域产业发展提供技术支撑,实现中央提

出的创新驱动发展战略。

在大会论坛上,中机艺协副理事长、郑州机械研究所所长单忠德、中机艺协副理事长王至尧应邀做大会报告。论坛由潍坊技师学院刘成平副院长主持。单忠德副理事长、王至尧副理事长分别作了题为“机械装备工业先进制造技术发展新进展”、“先进制造技术在企业生产中的应用”的技术报告,分别介绍了装备先进制造及绿色智能装备、装备制造发展建议、美国、日本、欧盟和中国等国家制造业技术发展路线图、如何保持企业的创新发展等方面的内容。上述报告极大拓宽了与会代表的视野,引起了与会代表的积极响应,并展开了深入的交流探讨。会上,郑州机械研究所科技发展部李五田部

长介绍了郑州所概况及典型技术与产品等科技成果,推进了科研院所与企业的产业技术合作对接。

活动期间,组织与会人员参观了康跃科技股份有限公司、山东跃马汽车制造有限公司、山东威能环保电源有限公司、山东泰汽电动车辆有限公司等当地企业,了解当地相关制造企业重点研发领域及产品。

来自中船九院、郑州机械工业设计六院、上海电气电站、河南平高、上海纳宾杰、山东康平纳等70余家企业的100多位领导、专业技术人员参加了论坛活动,本次活动,旨在贯彻党的“十八大”会议精神,对于推动装备制造业与战略性新兴产业发展、推进企业经济增长方式转变、提高企业竞争力具有积极促进作用,与会人员纷纷表示受益匪浅,为未来各企业发展和开展进一步的合作交流奠定了基础。



企业参观

# 先进制造技术在企业生产中的应用

王至尧 中机艺协副理事长 中国空间技术研究院研究员

## 1 先进制造技术内涵

当前,人工智能技术、机器人技术和数字化制造技术等技术相结合的智能制造技术开始贯穿于设计、生产、管理和服务等制造业的各个环节,正催生智能制造业,引发制造技术的革命。2012年2月14日美国奇点大学瓦德瓦教授在华盛顿邮报撰文“当我们的人工智能、机器人和数字制造技术相结合,将会发生一场制造业的革命;中国如何与我们竞争,重新迁回美国在世界制造的地位”。美国总统奥巴马在2012年国情咨文中五次提到,认为是把制造业迁回来的大好机会,并采取了有力的措施。英国、法国等国家也采取了类似举措。

先进制造技术是制造技术的最新发展阶段,是由传统的制造技术发展起来的,既保持了过去制造技术中的有效要素,又要不断吸收各种高新技术成果,并渗透到产品生产的所有领域及其全部过程。狭义的先进制造技术是指先进的制造技术、制造工艺,比如超高速加工技术、电火花加工、高能束加工、复合加工、快速原型制造技术等等。广义的先进制造技术是建立在现代计算机技术基础上的先进制造体系,包括以设计为中心的虚拟产

品开发与设计,以制造为中心的虚拟制造,以管理、控制为中心的企业资源管理,以及建立在先进制造工艺基础上的先进制造工厂等等。根据先进制造技术的功能和研究对象,可将先进制造技术归纳为5大类:现代设计技术、先进制造工艺、制造自动化技术、现代生产管理技术、先进制造生产模式。

中国的制造业正处于痛苦的转型期,呈现出两头受挤的状况。一方面美国和欧洲等发达国家在发展高端制造,另一方面低端的制造业资源优势又在流失。中国的制造业要想转型,从制造大国转变成为制造强国,需要切实提升竞争力水平。一个产品怎么样吃透设计是灵魂、材料是基础、制造是关键、工艺是桥梁、检测环试是保障之间内涵。

## 2 中国制造业存在的主要问题

近年来,“中国制造”的产品正旋风式席卷着整个世界市场。一方面,标有“Made in China”的家电、IT产品、服装、日用品等正不断进入欧美的家庭,另一方面,中国生产的电子产品、汽车零部件、机电产品等加速融入世界产业链,成为跨国公司全球采购中的重要环节。

目前国内制造业存在着几个难题:自主创新能力薄弱,高端装备制造呈现失守困局;关键零部件发展滞后,主机面临“空壳化”危险;现代制造服务业发展缓慢,价值链的高端缺位自主创新能力薄弱,高端装备制造呈现失守困局等。

### 2.1 自主创新能力薄弱,高端装备制造呈现失守困局

拥有自主知识产权和自主品牌的技术和产品比较少,在高端装备领域未能掌握核心关键技术,对外依存度太高。“目前国内的装备制造业不能生产大型民用飞机,深水海洋石油装备,90%的高档数控机床、95%的高档数控系统、机器人依赖进口,工厂自动控制系统、科学仪器和精密测量仪器对外依存度达70%。”这些现象意味着国内制造业自主创新的意识薄弱,高端装备制造几乎失守。

改革开放以来,越来越多的外国企业到中国来投资,我国引进了不少国外的先进设备却并没有掌握核心技术。业内人士认为,我国机械行业存在一个巨大的技术“黑洞”,最突出的表现是对外技术依存度高。对外技术依存度居高不下,导致我国的制造产业发展受制于人。我国对外技术依存度高达50%,而美国、日本约为5%左右,

一般发达国家这一比率也在30%以下。并且我国的关键技术自给率低，占固定资产投资40%左右的设备投资中，有60%以上要靠进口来满足，高科技含量的关键装备基本上依赖进口。重点领域，特别是国防领域的对外技术依赖会对国家安全构成严峻挑战。

另外，中国也面临着欧盟对华的高科技出口管制。1996年，33个主要西方国家的代表在荷兰瓦森纳开会并签署了《瓦森纳协定》（简称“瓦协”），决定实施新的控制清单，中国在被禁运国家之列。欧盟对《瓦森纳协定》的具体贯彻，主要体现在2000年6月欧盟理事会通过的“1334号法令”。该法令详细列举了军民两用品和技术清单，以及武器清单，其基本内容与“瓦协”的清单没有太大差别。在军民两用品和技术清单方面，该法令涉及到核材料、技术与设备；新材料、化学品、“微生物和有毒物品”；材料处理；电子；计算机；电信和“信息安全”，传感和激光；导航与电子；船舶；推进系统、航天器及其相关设备等共10大类。这项法令后来经过多次修订，目前成为对华高科技出口管制的主要“指导性文件”。

## 2.2 关键零部件发展滞后，主机面临“空壳化”

高端主机和成套设备所需的关键零部件、元器件和配套设备大量进口。当我们把目光投向生产“中国制造”的技术和装备时，发现更多的却是“本国躯壳、外国脑袋”与“中国制造、外国设备”。我国已是机床生产第一大国，但先进数控技术单元和高档数控机床仍依靠进口；海洋工程装备

大多数配套设备依赖进口；航空工业所需发动机、机载设备、原材料和配套件的配套能力差；占核电机组设备投资1/4的泵阀主要依赖进口，主要发展受到严重制约。

## 2.3 现代制造服务业发展缓慢，价值链的高端缺位

我国装备制造业的发展过度依赖单机、实物量的增长，而为用户提供系统设计、系统成套和工程承包、维修改造、回收再制造等服务业未能得到培育，绝大多数企业的服务收入所占比重低于10%，处于价值链低端的加工装配环节。我国出口额最多的机电产品近5000个海关税目中，出口单价高于进口单价的产品税目仅占11%，其中专用设备不到6%。要实现我国装备制造业由大变强，必须解决这三大问题，即发展高端装备、关键零部件、价值链的高端，而这三者均属高端装备制造制造业范畴。

我国在部分产业领域具备了一定的工艺基础，但是在更多领域的工艺基础还很薄弱，缺乏相应技术来源，与发达国家的差距仍然较大。

一方面，由于对基础制造工艺的研发投入明显不足，投入强度远低于主机行业，缺乏高水平的人才队伍。

另一方面，企业自主研发能力有限，企业作为市场竞争的主体，对共性技术，基础技术的开发和研究比较单一，对基础工艺的投入也明显不足。基础制造工艺技术基础的薄弱，共性技术研究体系的缺失，基础性与共性技术的研究弱化，导致新产品、新技术的推广应用十分困难，对外贸易依存度偏高，国内市场潜力远未充分发掘，

产品质量安全形势严峻，自有品牌数量、质量有待提升。

## 3 美国、日本、欧盟等国家制造业2030年发展路线图

为了应对资源环境的压力和全球竞争合作的要求，美国、日本、欧盟等国家的同行近年来都对机械工程技术未来的发展进行了预测，并制订产业振兴战略和技术路线图。研究制定了面向2030年的技术路线图。

美国奥巴马政府出台了《美国创新战略：推动可持续增长和高质量就业》，旨在进一步提高美国的持续创新能力。欧盟2006年推出了《创建创新型欧洲》和《欧洲研究基础设施路线图规划》。日本政府于2007年通过《创新25》报告，提出将日本发展成为世界领导者之一的创新型国家。英国于2008年出台《创新国家》白皮书，强调使英国成为世界上最适宜创新企业和创新公共服务发展的国家。

2008年4月16日，美国机械工程学会和未来学研究所为在华盛顿召开的“全球机械工程之未来峰会”提供了一份报告，该报告认为到2028年，机械工程的战略主题是：开发新技术，以应对能源、环境、食品、住房、水资源、交通、安全和健康等挑战；创造全球性的可持续发展工程解决方案，满足全人类基本需要；促进全球合作和区域适用技术的开发；使实践者体会到为了改善人类生活而发现、创新和应用工程技术方案的乐趣。提出了未来20年机械工程发展面临的九大挑战：可持续发展、大型和小型系统工程、知识竞争优势、合作优势、纳米生

物的未来、规范创新、工程的多样性、在家设计、服务于占世界人口90%的穷人工程。

#### 4 抓住机遇、应对挑战，中国制造业 2030年发展路线图

在认真研究美国、日本、德国、欧盟20年发展路线图及国内制造业现状调查研究的基础上，由19位院士及专家119人组成专家委员会及编写小组历时一年辛勤工作，制定出了我国未来20年制造发展路线图——《中国机械工程技术路线图》（已于2011年8月30日发布）。该书对未来20年机械工程技术的发展进行了预测和展望，为中国机械制造业描绘出了走向2030年的美好蓝图。

根据《中国机械工程技术路线图》，先进制造技术共包括11个技术领域。其中，产品设计、成形制造、智能制造、精密与微纳制造、再制造及仿生制造6个技术领域是机械工程技术中的基础共性技术领域，对机械制造业的发展至关重要。此外，机械工程技术还有大量的产品制造技术，也是机械工程技术的重要组成，包括带有基础性的有流体传动与控制、轴承、齿轮、模具和刀具5个领域。

《中国机械工程技术路线图》将机械工程技术的发展趋势精炼的概括为：绿色、智能、超常、融合、服务。这10个字也是未来机械制造业发展的走向。

##### 4.1 绿色

绿色制造是综合考虑环境影响和资源效益的现代制造模式，其目标是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个生命周期中，资源消耗和有害排放物、废弃物最少，对环境的影响最小，资源利用率最高，实现企业经济效益、社会效益和生态效益协调优化。绿色制造内涵的重要特征包括产品设计绿色化、材料绿色化、制造工艺绿色化、包装绿色化、处理回收绿色化。

##### 4.2 智能

随着劳动力成本的不断上升、产品质量要求的不断提高、需求的个性化和多样化日益突出，机械制造业实现智能制造越来越迫切。工信部发布的《高端装备制造业“十二五”发展规划》，明确2015年发展目标：①销售收入超过6万亿元，占装备制造业销售收入15%（2010年为8%）；②基础配套能力显著提高，高端装备重点产业智能化水平超过30%。发展重点包括航空

设备、卫星及应用、轨道交通装备、海洋工程装备以及智能制造装备五个方面。其中智能制造装备的发展是最重要的。智能制造技术是市场的必然选择，是先进生产力的重要体现。

智能制造技术是依托制造活动中各种信息的感知和分析、经验与知识的学习和创建，以及基于数据、信息、知识的智能决策与执行的综合交叉技术，涵盖产品全生命周期中的设计、生产、管理和服务等整个制造活动，包括制造智能、智能制造装备、智能制造系统、智能制造服务等。

##### (1) 智能制造的内涵

智能制造的内涵是针对产品、装备与设施的设计制造过程，利用信息感知、决策判断、安全执行等先进智能技术，人类专家与智能机器共同组成的人机系统去扩大、延伸和部分取代人类在制造过程中体力与脑力劳动的目的。制造智能化是制造自动化、制造数字化发展的必然结果和高级阶段。制造智能化不仅是单元技术的集成，也是一种制造模式的创新。

##### (2) 智能制造的特征

① 以知识为核心。知识已成为生产力中最活跃、最重要因素。

② 制造商与客户和市场的联系更为密切。向面向客户需求为主、兼顾生产效率的定制化、个性化制造模式转变。

③ 管理更高效。为管理层次的减少和扁平化创造了条件，大大提高管理效率。

④ 生产组织更为柔性。制造资源的社会化无缝集成，并将催生一批智能制造企业和制造模式的诞生。

⑤ 大幅度提高制造效益和产品质量，降低产品成本和资源消耗。使

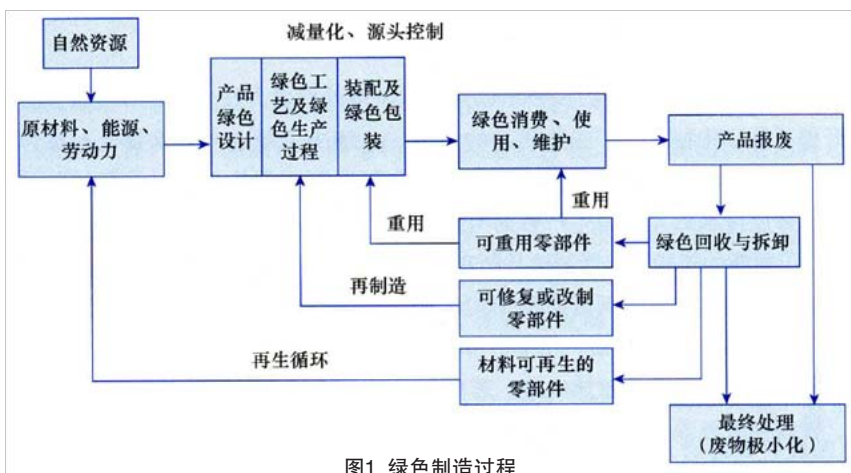


图1 绿色制造过程



制造业转变为资源节约型和环境友好型,实现绿色制造。

智能制造将引发制造业的重大变革。根据美国提出的以人工智能、机器人、数字制造三大技术为主的战略,制定适合国情的发展战略和技术路线。

(3) 发展高端装备制造业的路径

① 创新设计引领。发展高端装备不能再走老路,即测绘仿制、模仿。高端装备制造业的竞争已转变为产品创新设计能力的竞争。

② 夯实产业基础。当前,关键基础件、基础制造工艺、专用特种材料发展滞后已成为高端装备发展的瓶颈,解决这一问题刻不容缓。

③ 培育优势特色。国家战略性新兴产业明确了高端装备制造业的五个发展方向。企业不应一哄而上,关键技术尚未掌握,却形成了重复建设的严重后果。中国装备制造业的发展同质化系数大约为“85%—90%”,这样高的相似性、对发展装备制造业不具有竞争优势,所以做到“人无我有、人有我精”,发挥优势,形成自己的特色。在选择发展高端装备时,要形成自己的优势和特色,即提高产品的技术含量和附加值。

④ 研究用户工艺。以上三点都是

战略层面的思考,从战术层面看,应重视用户工艺的研究。高档数控机床、自动化智能化焊接设备、智能化高档生产线等制造商都随主机卖给用户工艺数据包,提供给用户、一个解决方案,既满足了用户的要求,又提高了装备的技术含量和附加价值。

(4) 传统制造向智能一代方向发展

传统制造经历了四个发展阶段:机械一代、电气一代、数控一代、智能一代。目前正朝着高速化、高精度、工序集约化、智能化、自主管理和通信方向发展。

数控加工中心从1965年开始进入机床市场,到1985年就占有25%的市场销售份额,2011年超过75%,现已成为机床市场的主流。1985年,高速加工成为实用技术,发展迅速。20多年来,数控机床的主轴转速和快进速度提高了10倍。近10年来,高速加工机床演变为航空和模具等小批量制造用的高切削速度机床。

高速化——主轴转速40000r/min,最大进给速度120m/min,最大加速度3m<sup>2</sup>/min;

高精度——定位精度正在向亚微米进军,纳米级五轴联动加工中心已经商品化;

工序集约化——车铣复合、完整

加工,在一台机床能够加工完毕一个复杂零件;

智能化——机床配置各种微型传感器,有监控和误差自动补偿功能;

自主管理和通信——如加工程序仿作业排序、数据采集、刀具寿命管理和网络通信等。

4.3 超常

现代基础工业、航空、航天、电子制造业的发展,对机械工程技术提出了新的要求,促成了各种超常态条件下制造技术的诞生。目前,工业发达国家已将超常制造列为重点研究方向,在未来20—30年间将加大科研投入力争取得突破性进展。人们通过科学实践,将不断发现和了解在极大、极小尺度,或在超常制造外场中物质演变的过程规律以及超常态环境与制造受体间的交互机制,人们将向下一代制造尺度与制造外场的超常制造发起挑战。

科学技术的进步,将推动超常制造向深层次发展。如量子力学和激光器引发的微纳制造,超常态凝固科学推动的超常性能材料与零件瞬态制造,在数万吨级压力场下获得亚微米等轴晶演变的飞机大件强流变制造。未来科学技术的发展必将在各种高能量密度环境、物质的深微尺度、各类

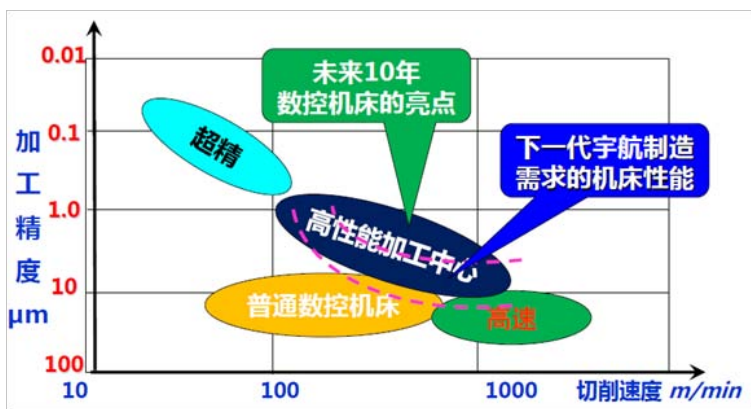


图2 数控机床发展



图3 智能制造装备创新发展工程技术路线重点内涵

复杂巨系统中不断有新发现、新发明，化学、生物的新发现、新发明，将产生全新的超常态制造技术，也必将制造出更完美的产品。

**微制造**——微制造主要指MEMS微加工和机械微加工的制造。MEMS微加工是由微电子技术发展起来的批量微加工技术。机械微加工是指采用机械加工、特种加工技术、成型技术等传统加工技术形成的微加工技术，其微加工工艺包括：微细磨削、微细车削、微铣削、微细钻削、微冲压、微成型等。

**纳米制造**——纳制造是构建适用于跨尺度集成的、可提供具有特定功能的产品和服务的纳米尺度维度(一维、二维和三维)的结构、特征、器件和系统的制造。它包括纳米压印、离子束直写刻蚀、电子束直写刻蚀、自组装等自上而下和自下而上两种制造过程。

微纳制造涉及材料、设计、加工、封装、测试等方面的科技问题，形成了如图4所示的技术体系。

#### 4.4 融合

各种知识和技术的交叉融合，将

使机械工程技术发生革命性的变化，将有力推动新的创造性的机械工程技术和、产品、装备和服务模式的出现。预计将表现在：工艺融合，与增量叠层制造，与信息技术融合，与新材料融合，与生物技术融合，与纳米技术融合，软硬件技术乃至技术与人文艺术的深度融合。

##### ① 增材制造

三维打印(增材制造)与从毛坯上去除多余材料的切削加工方法完全不同，也与借助模具锻压、冲压、铸造和注射等强制材料成形的工艺迥然有异，是一种“增量”成形技术。具体成形过程是根据三维CAD模型，经过格式转换后，对零件进行分层切片，得到各层截面的二维轮廓形状。按照这些轮廓形状，用喷射源选择性地喷射一层层的粘结剂或热熔性材料，或用激光束选择性地固化一层层的液态光敏树脂，或烧结一层层的粉末材料，形成每一层截面两维的平面轮廓形状，然后再一层层叠加成三维立体零件。

增材制造的技术适合复杂结构的快速制造、个性化定制、高附加值产品制造。因此，广泛应用于医疗行业、科学研究、产品原型、文物保护、建筑

量要求的不断提高，使得组织器官失效及损伤患者对假体和组织器官的需求日趋增多。中国第二次残疾人抽样调查结果显示，全国仅肌体残疾患者高达2412万人。另据统计，我国约150万患者需要器官移植。据美国食品与药品局预测，未来10年生物医学工程中，人体器官和功能组织的人工替产品将占50%，其潜在市场高达4000亿美元。

生物制造工程的内涵包括生物建模、仿生制造与植入体、组织器官工程、生物材料工程、生物医学设备与生物加工等5个领域。接下来从仿生机构与系统制造、植入式假体、组织和器官三个方面举例简要阐述生物制造。

**仿生机构与系统制造**——仿生机构与系统制造是以工程仿生学为指导，在提取自然界生物优良性能特征的基础上，模仿生物的形态、结构、材料和控制原理，设计制造具有生物特征或优异功能的机构或系统的过程。仿生于壁虎制造了爬壁机器人；仿生人体的四肢制造了受控于肌电信号的假肢；仿生人体动作制造了智能机器人。

**植入式假体**——植入式假体是目前临床医学应用最广泛的产品，其特点是采用非活性生物材料制造组织或器官的替代物，植入体内后可替代缺损组织或器官的部分生理功能。对植入式假体的需求量将显著增加，并对其可靠性、功能性提出了更高要求。因疾病或创伤，骨或关节组织的功能将遭到破坏，但可以通过置换人造假体，加以修复和重建，目前已在颅骨成形、牙齿、个性化整形、骨骼修复、人工耳软骨修复、人工关节等方面得到广泛推广应用。

设计、食品产业、汽车制造业、配件、饰品等。

##### ② 生物制造

生物制造是制造科技与生命科技的交叉，是现代制造的新领域。由于人口老龄化、工伤、交通事故、自然灾害，以及人们对生活质

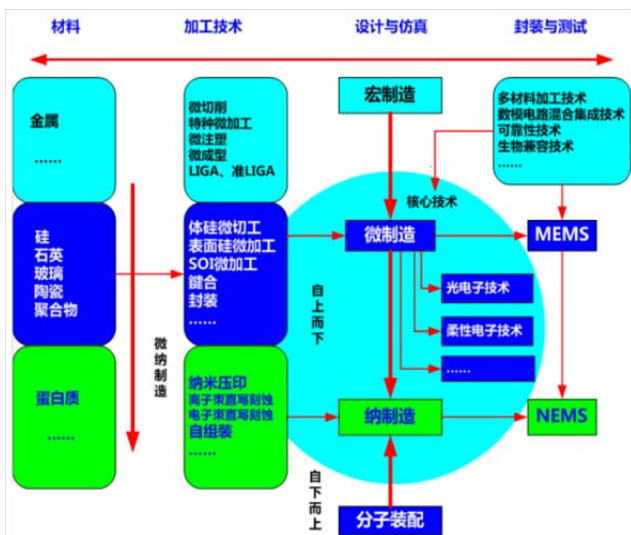


图4 微纳制造技术体系结构图

组织和器官——制造技术不但要制造出组织和器官的外形，满足外形结构和力学性能的需求，还要制造出满足细胞和组织生长所需的内部微结构，满足生命体生长的生物循环系统的需要。但是，每个人的运动特征和生理特征有差异，型号配置会导致治疗效果降低。采用细胞三维受控组装技术进行有针对性的组织和器官的培养，此项技术需要解决五大技术问题：①外基质仿生材料的微流挤出研究②细胞组装实验平台研制③仿生外基质材料及交联机制的研究④计算机辅助细胞三维受控组装工艺研究⑤细胞培养机测试评价。

#### 4.5 服务

长期以来，我国在生产型制造的引导下，将技术开发的重点完全放在为产品“前半生”服务的产品设计、零部件制造和装配等方面，而忽视了产品全生命周期中更具附加值的实物产品售后的服务环节，即为产品“后半生”服务的相关技术研发。

预计今后20年，我国为服务型制造服务的机械工程技术将呈现出三大转变：

① 服务由局域扩展到全球。由于信息技术的发展和广泛应用，使得产品售后服务的地域范围得以扩大到全球。

② 服务由离线转向在线。传感技术、非接触式检测技术及远程信息传输和控制技术的发展，使得原来只能离线进行的测量、检验、监控等服务业务，可以在线。

③ 服务由被动转向主动。传统的产品售后服务，往往是被动式的，即只有当设备出现故障，客户提出要求后，制造商和专业服务商才提供服务。如

今由于各种先进技术的出现，使得设备远程监测和故障诊断成为可能，使产品制造企业可以提前向用户通报设备运行状态，并进行预防性维修，从而使服务从被动转为主动。

未来20年将是我国机械制造业由生产型制造转变为服务型制造的时期，服务型制造将呈现知识性、集成性和战略性三大特点并将成为一种新的全球化产业形态。

## 5 创新与实践是制造业发展的灵魂——产品系统工程

### 5.1 产品工程的理论基础

产品系统工程方法论五个结合、五个转变：

(1) 定性 with 定量相结合，由定性认识向定量认识转变；

(2) 宏观与微观相结合，由实现宏观认识向微观认识转变；

(3) 创新与规范相结合，技术活动由创新向规范化方向转变；

(4) 人与计算机相结合，技术作业由人工作业向自动化作业转变；

(5) 与确定性相结合，对系统风险的把握由不确定性向确定性方向转变。

### 5.2 产品型谱

企业产品型谱的管理方式是一种新颖创新性的手段，对企业发展具有巨大的推动作用。产品型谱是产品系列，但它绝不是将企业现有产品汇总而成的产品目录，而是具有一系列特定要求、经过优化的产品系列。

产品型谱建设的目的有以下三个



图5 基于互联网的分布式协同设计平台

方面：

(1) 清理已有规格化产品，形成产品资源，系统展示各级产品实力，争取任务，占领市场，促进产品的销量，提高市场竞争力。

(2) 优化合并现有产品规格，促进产品快速成熟，支持在立项配套时对产品的选用。

(3) 分析未来和技术发展需求，引领后续产品规格化研发，满足未来需求，促进产品的规范化发展，引领产品的产业化发展，提升产业化能力。

产品型谱编制的内容和方法

实施产品型谱建设首先要进行型谱规划，根据当前及未来一段时期内的需求、现有产品情况和国外对标情况，确定产品型谱。通过产品需求分析、产品清理、国外对标处理得出型谱，按征参数将特征参数按一定的跨度确定指标设置。

产品型谱编制有以下要求：

(1) 产品型谱应覆盖已有的、正在开发的和将要开发的全系列产品，能够充分反映产品研制能力和水平。

(2) 型谱中的产品应与当前任务、市场需求和技术发展趋势紧密结合，对照国际先进技术和产品标准，兼顾通用性与技术先进性。

(3) 产品型谱在适应当前任务特

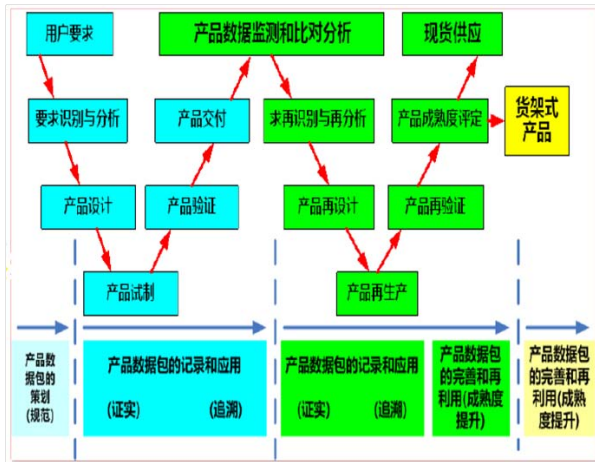


图6 以产品成熟度提升为核心的产品研制



图7 产品型谱规划和构建流程图

点、满足当前任务需求的同时，还应依据国际一流的产品技术成果及其发展趋势，有预见性地给出未来发展所需的规范化产品，对引领产品的未来发展起到指导作用。

产品型谱规划和构建要依据产品应用需求、技术发展趋势、现有产品基础和国际主流产品特征这四个输入，以识别型谱特征参数为重点，通过绘制产品树辅助进行规格划分，并通过逐一细化确定型谱产品主要技术指标，形成产品型谱简表。流程图如下所示。

产品型谱编制程序：(1) 需求分析；(2) 清理现有产品；(3) 国内外同类产品对标；(4) 发展趋势分析；(5) 确定关键参数；(6) 划分型谱规格 (7) 形成型谱简表；(8) 审查、发布；

### 5.3 产品理论基础产品开发技术过程

产品工程是以产品为研究对象，在系统工程和管理科学等学科基础上

形成的新体系，以产品成熟度理论为核心，聚焦产品快速成熟的技术与管理过程，以产品成熟度提升/产品定型管理为主线对产品设计、开发、生产、试验以及质量控制、持续改进进行系统规划、评价与创新。

产品成熟度包括以下四个要素：产品关键特性、产品基线、产品数据包、产品成熟模型；

(1) 产品关键特性指从产品一般由专业人员使用这一特殊性出发，可以在一定程度上缩小关键特性的范围，即将产品误操作等情况忽略，而只考虑产品的内部关键特性，即设计、制造和产品实现全过程质量控制设计、工艺和过程控制三类关键特性。

(2) 产品数据包是产品设计、制造、检验、交付全过程技术活动量化控制结果的总和。数据包中的各项数据是生产过程的实际测量记录，包括数据和影像。产品数据包主要内容

有：产品功能性数据、产品基础数据、关键特性数据。

(3) 产品基线是指产品满足用户规定的特定功能特性和物理特性的结构组合，并适时记录当时结构中各具体版本的组合关系，是可编辑的，可删除、加入、替换基线中的对象。基线内容可动态适时更新。

(4) 产品成熟度包括技术成熟度(TRL)、制造成熟度等。技术成熟度和制造成熟度相互关联，共同解决产品采办项目中从技术研发向装备生产的转移过程中的风险辨识和控制问题。总体上看，产品成熟度与技术成熟度、制造成熟度之间既有关联，也有差异。而产品成熟度以工程各级各类产品为对象，实施成熟度综合度量 and 评价，更有利于支持重大工程的管理过程，因而也更适合于系统重大专项关于强化产品质量管理的应用要求。产品成熟度图解如下所示：



图8 产品成熟度图解

### 5.4 产品定型的实施要点

产品定型的实施的目的是考核产品是否达到产品规范规定的指标要求，并核查确认产品的能力范围和使用限制条件。

对于产品在前期已完成的研制试

验和考核项目,如其试验条件覆盖定型试验的相关要求,在对相应的证实材料进行审查和确认后,可不在定型试验中重复安排相同的试验项目。

## 6 总结

回眸人类文明发展的历史,正是劳动,尤其是在劳动实践中的发明创造改变了世界。从原始社会开始,人们在劳动中发明了石器、青铜器和铁制工具,不但推动了农耕生产力的进步,而且将人类从原始社会推进到封建社会。中国以陶瓷、纺织、印刷、造纸、火药和指南针等为代表的重要发明,造就了中华农业文明的辉煌历史。

到了近现代,正是蒸汽机、珍妮纺织机等发明,引发了工业革命,进而造就了英国“日不落”大国的地位。做好中国梦!正是由于西门子电机、马丁炼钢炉、迪塞尔内燃机等重要发明,使得德国崛起成为世界技术创新的强国。而爱迪生的电灯等一系列电气发明,贝尔发明电话,莱特兄弟发明飞机等,使得美国这一文明历史短暂的国家,一举成为电气化的工业化强国。上世纪50年代以来,半导体、集成电路、ARPA网、PC机、Windows、iPhone等发明,使得美国引领了信息网络时代的潮流。

历史表明,发明不仅改变生产方

式、生活方式,改变着人类文明发展的进程,也改变着世界经济、政治格局。我们一定要抓住做好中国梦这一契机,一定要有“新环境、新面貌、新能力;新创新、新产品、新思维”的发展思路。

现在我们需要的是不唯众,不唯上,要有在无人行走的荒野上开拓的勇气;按照系统工程的要求,产品产业化必需从设计是主导、材料是基础、制造是关键、工艺是核心、检测试验验证是保障五个层上做工作,坚信取得实效。

## 百科名片

### 增材制造

增材制造(Additive Manufacturing, AM)技术是采用材料逐渐累加的方法制造实体零件的技术,相对于传统的材料去除一切削加工技术,是一种“自下而上”的制造方法。近二十年来,AM技术取得了快速的发展,“快速原型制造(Rapid Prototyping)”、“三维打印(3D Printing)”、“实体自由制造(Solid Free-form Fabrication)”之类各异的叫法分别从不同侧面表达了这一技术的特点。

增材制造技术是指基于离散-堆积原理,由零件三维数据驱动直接制造零件的科学技术体系。基于不同的分类原则和理解方式,增材制造技术还有快速原型、快速成形、快速制造、3D打印等多种称谓,其内涵仍在不断深化,外延也不断扩展,这里所说的“增材制造”与“快速成形”、“快速制造”意义相同。

工业化的LSF-V大型激光立体成形装备所谓数字化增材制造技术就是一种三维实体快速自由成形制造新技术,它综合了计算机的图形处理、数字化信息和控制、激光技术、机电技术和材料技术等多项高技术的优势,学者们对其有多种描述。西北工业大学凝固技术国家重点实验室的黄卫东教授称这种新技术为“数字化增材制造”,中国机械工程学会宋天虎秘书长称其为“增量制造”,其实它就是不久前引起社会广泛关注的“三维打印”技术的一种。西方媒体把这种实体自由成形制造技术誉为将带来“第三次工业革命”的新技术。

## 气缸盖喷油器 铜套压装工艺

四气门气缸盖作为柴油机功率强化和排放要求的首选，其喷油器孔因空间限制，往往只能采用铜套胀接式结构。要求在气缸盖的喷油器底孔，嵌入喷油器铜套，实现缸盖冷却水腔的密封和喷油器的安装定位。

典型铜套压装方法：第一步压铜套端面，使铜套紧贴喷油器底孔台阶面；第二步更换压杆，压一定直径钢球穿过铜套内锥面，挤压铜套嵌入缸盖环槽。

但发现柴油机工作一段时间后，在喷油器铜套处漏水，经过解剖分析发现：第二步压入钢球后，铜套端面又脱离开喷油器底孔台阶面(简称铜套鼓起)，影响到喷油嘴凸出高度和水腔密封性，进而影响整机性能。

本压装工艺解决了“铜套鼓起”问题，同时阐明了铜套填充变形规律。主要包括压装流程和压装工具。

压装流程包括2个步骤，在液压机作用下：

步骤1，压铜套端面，使铜套紧贴喷油器底孔台阶面；

步骤2，压钢球，使钢球穿过喷油器铜套锥孔；

步骤2紧接步骤1，不用更换压杆做任何停顿。

压装工具包括：钢球压杆、防护套、强力弹簧、圆柱销、端面压杆、钢球和磁棒；除钢球外，其它零件组装成一个手持式整体。

压装工具以液压机作动力源，压力传递路径有两条：

路径1，液压机→钢球压杆→强力弹簧→端面压杆→铜套端面，压铜套端面贴紧喷油器底孔台阶；

路径2，液压机→钢球压杆→钢球，穿过铜套锥孔，挤压铜套嵌入并填满环槽；

路径2在时间上滞后于路径1，即在铜套端面被压贴后，路径2才发生；而路径1在整个压装过程一直保持。

在本工艺研制过程中，发现“铜套鼓起”有两个必备条件：

条件1，铜套端面被压贴后，铜套端面的压力被取消；

条件2，铜套填满缸盖环槽后；

如果环槽没有被填满，即使铜套端面没有压力也不会鼓起；另外当铜套鼓起后，用液压机复压铜套端面，铜套也恢复不到鼓起前状态。

压装工具成本低廉(不足500元/套)，操作简便，相对于内外活塞杆非标复合液压缸压装方法。 (下转15页)

## 高性能一体化铸造 桥壳在解放卡车上的 开发与生产

根据目前市场需求，工程车用后桥要求承载能力大，重载下桥壳保持不变形，后盖不漏油，目前冲焊桥壳不能满足上述要求，国内外同类产品多数采用球铁或铸钢来制造重载工程车用轮减桥壳，因铸造的特点，可进行桥壳的一体化设计，而一体化桥壳在整体结构和成本上都有很大优势，因此开发一体化铸造桥壳及其材料(高性能球铁或铸钢)是非常必要的。

在国外，奔驰、曼等著名商用车公司的重型车桥采用高性能球墨铸铁或铸钢材料生产。而在一汽内部，现采用冲焊或普通球墨铸铁桥壳，冲焊桥壳易于形变及焊缝开裂，而普通球墨铸(QT450-10)铁桥壳承载能力较低，不能很好满足大马力重型车载重要求。采用高性能球墨铸铁(QT600-5)制造桥壳，特点是成型工艺简单，成本低，可靠性好，既能满足市场对铸造桥壳的需求，提高桥壳可靠性、同时又能降低桥壳成本(10%以上)，其中高性能球墨铸铁(QT600-5)成为铸造公司首选的开发目标。

在2006年开始，一汽铸造有限公司即联合一汽集团技术中心开展高性能一体化桥壳的研发工作，历经产品对标分析、一体化设计、QT450-10、QT550-10、铸钢、QT600-5(本体)等方面的大量实验研究，最终通过台架试验、装车路试、小批量投放用户、大批量生产提供市场等系统研发与实践应用，确定一体化高性能QT600-5(本体)为一汽集团重卡桥壳最优的生产方案。

技术经济指标与技术进步情况：

一体化高性能(本体qt600-5)球墨铸铁桥壳产品市场反馈极其良好，得到用户好评，快速提升了产品的市场占有率，提升了解放重卡的形象。同时与冲焊桥壳相比，综合成本降低10%以上(单件桥壳降低生产成本1000余元)，技术先进，生产稳定，产品材料、设计均为国内首创，达到国际同类产品先进水平。

应用推广情况：

该项目通过省级鉴定，认定桥壳一体化设计、高性能球墨铸铁材料(本体QT600-5) (下转15页)

(上接14页《气缸盖喷油器铜套压装工艺》)

可节约40多万元/套;并且在实际操作中,整个压装过程不需做任何停顿,用时仅10秒,具有极高的生产效率。

本工艺已在玉柴股司全面推广应用,如YC6L、YC6J、YC6M(K)、YC6T、YC6C、YC6K等机型,同时也在玉林嘉德机械公司等单位应用。

主要完成单位:广西玉柴机器股份有限公司

联系人:袁福吾

联系电话:0775-3226703

传真:0775-3222305

Email: yfw01@sohu.com

yuanfuwu01@126.com

联系地址(邮编):广西玉林市天桥西路88号(537005)

(上接14页《高性能一体化铸造桥壳在解放卡车上的开发与生产》)

达到国际先进水平,自硬砂线生产工艺为国内首创。该项目成果已在一汽集团12种重卡桥壳上得到推广并部分批量生产,大大提升了一汽商用车后桥的使用性能与产品质量,提高一汽集团产品质量和竞争力,扩大一汽集团产品的市场占有率。

该项目的研究成功满足了大马力重卡的承载需求,国内包括东风汽车等商用车厂家以此为对标目标,进行相应产品开发,极大的促进了我国自主重卡产品技术水平提升。

主要完成单位:一汽铸造有限公司

联系人:王建东

联系电话:0431-87977981-6021

联系地址(邮编):

长春市和平大街1281号(130062)

## 卡车纵梁热处理强化工艺及装备

环保、轻质、节能是未来汽车发展的主题,以轻量化为先导的先进汽车材料技术已经成为实现这一目标的主要措施之一,新材料、新工艺的开发应用是推动汽车工业发展的重要环节。

为实现卡车轻量化、节能环保、高强度、高性能的目标,卡车制造厂家对车架材料的材质强度要求不断提高。目前,在卡车行业中510MPa的汽车大梁用钢已经得到广泛使用,610MPa和700MPa级别的高强度大梁用钢也逐渐开始获得应用。国内主要的钢厂也加大了更高强度等级钢材的开发,当前卡车车架大梁材质最高抗拉强度级别在700~800MPa。但是,若要在车架上采用700Mpa级及以上级别的高强度钢,对加工设备的要求较高,需要淘汰传统的制造工艺和设备,更新开卷下料设备,添置辊压设备和冲孔设备,投资巨大,且造成了资源浪费、制造成本增加等问题。在传统制造工艺和设备条件下,提升卡车车架纵梁承载强度成为我们亟须解决的问题。

本项目根据卡车纵梁的外形特点和使用要求,开发了专用于卡车纵梁的热处理工艺及热处理设备,包括控制系统、矫形系统、中频加热系统、淬火喷淋系统、冷却系统、抛丸去应力系统,用于实现卡车纵梁热处理强化功能。纵梁热处理强化工艺采用中频感应加热装置对成形的纵梁进行加热,达到淬火温度后,采取循环水冷却,完成淬火过程。纵梁热处理过程中采取辊道式送进装置进行送料和矫形,热处理完成后通过抛丸工艺去除表面氧化皮,并在纵梁表面形成压应力区来提高纵梁疲劳寿命。

该项目率先提出了纵梁感应热处理强化的工艺方法,探索了卡车纵梁强化的新途径,填补了国内技术的空白。通过自主开发专用热处理加热、冷却、矫形设备,掌握了纵梁热处理变形控制的核心技术,保证了热处理纵梁的尺寸精度。该技术应用后,为整车轻量化提供了技术支持,在保证整车承载能力的前提下,降低了整车自重和制造成本,经济效益和社会效益明显。

主要完成单位:一汽解放青岛汽车有限公司

联系人:李秀艳

联系电话:0532-83073799

联系地址(邮编):山东省青岛市李沧区楼山路2号(266043)

# 采取有效工艺措施提升机车转向架构架加工质量

刘昌崇

中国北车集团大连机车车辆有限公司 辽宁 大连 116022

**摘要:** 本文从热加工和冷加工两方面,对大功率‘和谐’型电力机车转向架构架的生产过程,进行了详细的加工难点分析和工艺方案论证,最终采取了合理有效的工艺措施,进一步提升了转向架构架的加工质量和生产效率,为我公司高质量的大批生产‘和谐’型电力机车提供了有力的保障。

**关键词:** 转向架 构架加工 难点分析 工艺措施

## Improving Bogie Frame Machining Quality by Effective Technical Measure

LIU Changchong

Dalian Locomotive and Rolling Stock Co.,LTD.,CNR GROUP, Dalian, Liaoning, 116022

**Abstract:** This paper analyzed the difficult points of processing in detail and demonstrated the manufacturing process of high-power HEXIE electric locomotive bogie frame from the two aspects of cold or thermal processing. Finally, we took reasonable and effective measures to further improve the quality of frame machining and production efficiency, which guarantees the series production of high-quality 'HEXIE' electric locomotives of our company.

**Keywords:** Bogie Bogie Frame Maching Difficulty Analysis Technical Measure.

### 1 前言

机车转向架是机车走行部的主体部件,它好比是整个机车的两条强劲有力的双腿,它不仅起到支撑着整个机车车身的作用,而且也是机车高速、重载、安全运行的可靠保证。机车转向架是由构架、轮对装配、轴箱、一系悬挂、二系悬挂、牵引装置、电机悬挂装置、基础制动、附件装置等部件组成,其中的构架是转向架的骨架,其它的所有部件都与构架相联,可以说,是构架把转向架的其它部件组织在一起

形成了转向架的整体。由此可见,转向架的构架是机车走行部中非常关键的重要部件,转向架构架的生产质量会直接影响到机车的安全运行质量。因此,如何采用有效的新工艺,新技术,不断提升转向架构架的加工质量是在我们面前的重要使命。

由于我公司生产的大功率‘和谐’型电力机车的足迹踏遍了我国所有铁路的既有线路,所以转向架的构架一定要能适应各种环境和线路的运用条件。为能使转向架的各组成部件在构架上正常可靠的工作,保证走行部的

安全运行,构架不仅要有足够的强度和刚度,而且还要有较高的,稳定的几何精度。为此,构架一般都采用具有强度高、刚性好、重量轻、截面成箱形的钢板组焊的结构形式。焊接结构的构架必须要保证以下两方面的生产质量:一是必须要保证构架结构的稳定性,防止出现焊接变形,影响构架的机加工质量;二是必须要保证构架的几何尺寸精度和形状位置精度,以防出现装配误差,影响转向架的运行质量。



## 2 构架的结构形式和变形控制

转向架构架是由左右两个侧架、牵引横梁、横梁和前后端梁组成的“目”字型的结构，并附加有减振器座、电机吊杆座、牵引销座、弹簧座等附件构成。构架的每个梁都是采用Q345E钢板焊接成的箱形梁的形式，所谓箱形梁是指，由上、下盖板和两个立板焊接组成的‘箱子’形的钢梁。构架结构详见图1。

由图1的结构形式可见，这种箱形梁的焊接构架，很容易发生整体结构的变形现象，以HXD3型电力机车的转向架构架为例：构架的总长为6.8米，总宽为2.7米，每个梁的厚为0.38米，从构架的长、宽、厚的比例来看，不管是焊接热，还是加工热，工艺制定不合理都会出现构架的结构变形现象。因此，为了保证焊接构架的稳定性，在工艺上我们必须采取切实有效的工艺措施，很好的控制构架的焊接变形和加工变形，否则，构架的尺寸精度和形位公差就很难得到可靠的保证。所以构架的结构变形和加工质量一定要从热加工和冷加工两方面加以控制。

热加工方面：①要采取合理的焊接工艺，限制构架的焊接变形；②要进行焊后时效处理，消除焊接应力，确保构架结构的形状稳定。

冷加工方面：①要通过构架的整体划线，检查构架的变形量是否控制在规定的范围内，确保构架上的所有加工面要有足够的加工余量；②构架的整体加工必须要在精度高、稳定性好的加工中心机床上进行，并要确定合理的加工工艺和配置可靠的工装夹具。

只有在上述两方面采取有效的工

艺措施，才能生产出高质量、高水平的转向架构架，确保‘和谐’型电力机车走行部的产品质量和运行安全。

## 3 构架的制造分析和工艺措施

根据构架的结构形式，经过详细的工艺分析后，我们做出构架制造的工艺流程如下：构架焊接→时效处理→喷丸打砂→喷底漆→划线→机加工→喷面漆。

从上述的工艺流程我们可以看出，构架的制造过程主要分为三部分：

热加工部分——构架焊接、时效处理；

冷加工部分——划线、机加工；

辅助加工部分——喷丸打砂、喷漆。

实际上，构架的加工质量关键取决于热加工和冷加工这两个主要环节，下面我们从这两方面的加工制造过程进行工艺剖析，查找制造难点，采取切实有效的工艺措施，确保提升转向架构架的加工质量和生产效率。

### 3.1 构架热加工的难点分析和工艺措施

构架的热加工部分是指构架的焊接和构架的时效处理两道生产过程，这两个生产过程的制造难点和工艺措

施，分述如下。

#### 3.1.1 构架焊接的制造难点和工艺措施

由前所述，构架是由截面成箱形的六个钢梁（两个侧梁、两个横梁、两个端梁）组焊而成的‘目’字形框架结构，如图1所示。长为6.8米，宽为2.7米，厚为0.38米的HXD3型构架，设计上规定构架焊接后的四个角的平面高度差，不得超过3毫米。由构架的结构形状可以看出，焊接这样的长、宽、厚比例的钢板框架结构，因焊接热、收缩量的不均匀，会产生很大的焊接变形，若采用传统的生产工艺，没有切实有效的工艺措施，焊接变形量很难控制在设计规定的范围以内。因此，构架焊接过程中的最大制造难点就是焊接变形量的控制，为减少焊接变形，保证构架的设计要求和焊接质量，经工艺分析后，我们采取了以下工艺措施。

(1) 首先要在工装胎具上进行了大量的改造和投入，设制专用的构架组对胎和焊接胎，再根据构架的变形和受力状况，设置合理的压紧点，专用工装一定要确保构架各箱形梁的定位精度和变形控制，并要经过工艺试验和焊接评定，保证焊接变形量小，应力释放均匀的焊接效果。

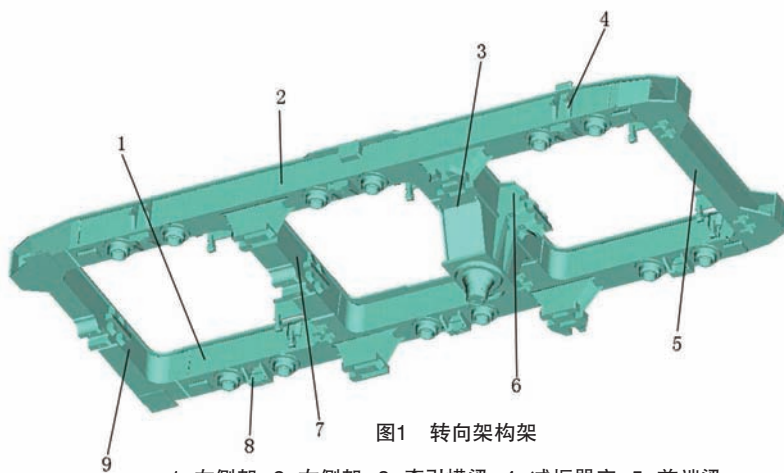


图1 转向架构架  
1-左侧架；2-右侧架；3-牵引横梁；4-减振器座；5-前端梁；  
6-电机吊杆座；7-横梁；8-轴箱止挡；9-后端梁

(2) 在各梁的施焊中,对焊接顺序,焊接电流,操作方式都要进行了严密的工艺规定,为控制构架焊接的热变形,对各梁上的主长焊缝均安排在焊接机器人进行施焊,工艺上采用对称施焊的措施,由两个焊接机器人同时施焊,编制了分层次、低应力、小变形的焊接程序,并采取控制焊层温度和冷却处理等工艺措施来保证构架的变形控制和焊接质量。侧架焊接机器人和构架焊接工装见图2、图3。

(3) 对操作者必须进行焊工等级考试和工艺操作规程考核,合格后才能上岗操作。上岗者在构架焊接的每个环节中都必须严格执行已制定好的操作规范。

### 3.1.2 构架时效处理的方式分析和工艺措施

为进一步消除焊接应力,确保焊接后的构架不再发生结构变形,工艺上必须采取对组焊后的构架进行时效处理的措施,通常时效处理的方法有三种:振动时效、自然时效和热时效。下面我们对三种时效处理方式逐一进行分析比较,选出最佳的时效方式和工艺措施。

(1) 振动时效:振动时效是运用专用的振动源,根据不同部件的结构特点,选择不同的振点、振幅和振频来达到去应力的时效目的,振动时效的优点是占地面积小,灵活性大,但它

的最大缺点是投资大,效率低,不适合批量生产。

(2) 自然时效:自然时效是将构架放置在自然环境下,通过天然条件的自然风化来达到去应力的时效目的,自然时效的方式,虽然操作简便,投资少,消除应力效果均匀,但所需时间太长,影响生产进度。

(3) 热时效:热时效是把构架放置到专制的电加热炉内,将电炉温度加热到能够释放出足够的应力集中后,再进行保温和降温处理,以此来达到消除焊接应力的目的,热时效的方式,虽然一次性投资规模大,成本略高,但它的最大优点是去应力效果均匀,效率高,非常符合我公司大批量生产规模的要求。

根据以上三种时效处理方式的分析比较,我们最终选择了热时效的处理方式。为使热时效方式对焊接构架的消除应力处理达到最佳的生产效果。经过多年的实践验证,我们对热时效的操作方式制定了下列工艺规程:

- ① 将构架放入加热炉内,经过4.5小时的加热,使构架温度达到500~550℃;
- ② 将500~550℃的构架保温3.5~4小时;
- ③ 然后随炉冷却至150℃后出炉;

④ 自然冷却到室温,完成时效处理。

热时效处理的工艺过程见图4。

为提高热时效生产效率和产品质量,我们设计了一次能容纳4至5个构架的加热炉,并设制了专门用于放置构架的耐高温工装支架以防构架加热时产生变形,这样我们每天(24小时)每个加热炉就可以完成两台机车(每台机车两个构架)的时效处理工作。

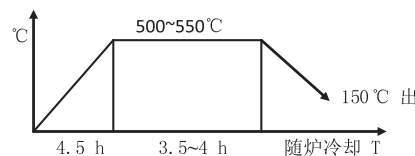


图4 构架热时效处理工艺图

### 3.2 构架冷加工的难点分析和工艺措施

构架的冷加工部分是指构架的划线和构架的机加工两道生产过程,这两个生产过程的制造难点和工艺措施,分述如下。

#### 3.2.1 构架划线的工艺分析

构架的整体划线工序,实际上就是在构架进行机加工前,检查构架的变形量是否控制在规定范围内,确保构架上的所有加工面要有足够的加工余量。

构架的划线是采用三座标测量机(见图6)对构架进行整体划线,划线的工艺顺序为:

- (1) 垂向(Z方向)尺寸的划线检测。
- (2) 纵向(Y方向)尺寸的划线检测。
- (3) 横向(X方向)尺寸的划线检测。

划线坐标,如图5所示。

下面对每道划线工序的检查内容和检测方法介绍如下:

- (1) 检测构架Z方向的尺寸,构



图2 侧架焊接机器人



图3 构架焊接工装